

GIUSEPPE NACCI

KRSKO :

RADIAZIONI NUCLEARI

E

PROTEZIONE CIVILE A TRIESTE

27 gennaio 1983

Nella scelta dell'argomento mi e' parso allettante, cogliendo spunto dai miei interessi, affrontare il tema "RADIAZIONI NUCLEARI E PROTEZIONE CIVILE A TRIESTE".

E cio' per due motivi: innanzitutto perche' e' un tema che evidenzia i timori, le paure e le ansie di tutti noi di fronte al possibile determinarsi di una emergenza nucleare uguale o peggiore a quella di Chernobyl.

Il secondo motivo, forse il piu' importante, e' che, a mio avviso, un ambiente culturale come il Circolo Ufficiali puo' e deve rivolgere i propri interessi anche a fenomeni oggi fortunatamente lontani e incerti ma che in futuro potrebbero diventare, speriamo mai, realta'.

In questa conferenza ho preferito affrontare l'aspetto degli incidenti nucleari di tipo civile, vale a dire le conseguenze di una fuoriuscita di Fall-out Radioattivo da una Centrale Atomica. Non intendo cioe', per motivi di tempo, affrontare anche quello riguardante gli effetti radioattivi di una esplosione da Bomba Atomica.

In questa conferenza non discuteremo sulla sicurezza dei diversi tipi di Centrali Nucleari, cioe' dai modelli "RBMK" ad acqua e grafite in uso nei paesi dell'Est e a cui appartiene anche quello di Chernobyl, ai Reattori Convertitori a base di sodio come il Superphenix in Francia, ai modelli americani ad acqua naturale in pressione, fino ai reattori ad acqua pressurizzata "PWR", ritenuti di gran lunga i piu' affidabili.

Non discuteremo cioe' delle diverse probabilita' statistiche che tali strutture possano o non possano affatto andare incontro ad un incidente grave con fuoriuscita di Fall-out: premesso che un tale evento possa verificarsi, in questa conferenza affronteremo solo le conseguenze sull'ambiente e sull'uomo di un tale

disastro, cercando di capire in che modo difendere le popolazioni coinvolte.

Naturalmente potreste considerare l'eventualita' di non costruire piu' centrali nucleari e di chiudere quelle gia' esistenti.

Premesso che una tale ^{decisione} debba anche prendere in considerazione il problema energetico e la questione delle varie fonti alternative come il carbone e il petrolio, e' indiscutibile che il problema nucleare coinvolge non solo i diversi livelli di sicurezza dei diversi tipi di reattori, ma supera anche le frontiere delle Nazioni, perche' Voi potreste anche chiudere con un referendum tutte le centrali nucleari italiane, ma non certo i 46 reattori francesi, quelli svizzeri, quello austriaco di Tullnerfeld, quelli jugoslavi di Krsko e di Prevlaka.

Comunque, volendo parlare delle "RADIAZIONI NUCLEARI E DELLA PROTEZIONE CIVILE A TRIESTE", ritengo che potremmo prendere in considerazione un evento concreto, un esempio pratico che ci offra la possibilita' di capire il problema.

Delle tante centrali nucleari che costellano l'Europa, la piu' vicina a noi e' quella di Krsko, situata a 138 Km ad est di Trieste. (lucido 1)

Supporremo che in tale centrale venga a crearsi l'incidente piu' grave che possa accadere in un reattore ad acqua anziche' a base di sodio, e cioe' la perdita totale dell'acqua usata per raffreddare il nocciolo di uranio.

Nella disgraziata eventualita' di quanto detto, ecco cio' che avverrebbe subito dopo.

Nonostante l'arresto rapido del reattore mediante la caduta nel suo interno delle barre di controllo, il nocciolo di uranio si surriscalda e fonde.

Il materiale fuso entra percio' in contatto con l'acqua delle

turbine che si trasforma in vapore.

Di qui la successiva esplosione di vapore e lo scoppiamento del recipiente di contenimento, con conseguente fuoriuscita all'esterno del materiale radioattivo.

Si puo' anche immaginare un altro tipo di incidente, in cui il surriscaldamento del nocciolo porti alla generazione di idrogeno e di altri gas infiammabili che miscelandosi con l'ossigeno dell'aria provochino un incendio con conseguente esplosione di gas, la fessurazione del reattore e la fuoriuscita all'esterno del Fall-out.

Supporremo quindi che il reattore di Krsko sia di tipo ad acqua, abbia una potenza stimata di 1 GigaWatt e nel quale ogni anno venga effettuato il ricambio di un terzo del combustibile.

Considereremo quindi che in seguito ad un'esplosione di vapore, il recipiente di contenimento si fessuri e nell'aria vengano emessi un terzo di tutti i nuclei radioattivi presenti nel reattore.

Secondo il rapporto Rasmussen del 1975, in un incidente di questo tipo, la radioattivita' del materiale fuoriuscito ammonterebbe a circa 1 miliardo di Curie.

Oggi sappiamo che a Chernobyl invece fu di solo 50 milioni di Curie, cioe' 20 volte inferiore, perche' si riusci' ad evitare il peggio.

Sempre secondo il rapporto Rasmussen, la nube radioattiva di 1 miliardo di Curie presenterebbe un'estensione di contaminazione pesante, o zona nera, di 68 Km di terreno sottovento al punto zero contro i 150 Km che una bomba H da 1000 Kiloton interamente fissili, avrebbe coperto, sempre con vento di 23 Km/h..

Poiche' secondo i nomogrammi della NATO, una nube radioattiva capace di contaminare pesantemente una lunghezza di 68 Km

sottovento al punto zero (zona 1 o zona nera B), sempre con vento di 23 Km/h e' successiva anche ad un'esplosione nucleare di 260 Kiloton, e' possibile a questo punto, da parte nostra stimare tre diversi livelli di contaminazione nucleare che si avrebbero a Trieste, tenendo conto, naturalmente delle diverse curve di decadimento del Fall-out da bomba atomica o da centrale atomica.

(lucido 2)

Con un vento costante di 8 Km/h proveniente da est, Trieste risulterebbe investita solo dopo 18 ore circa dall'incidente e presenterebbe un livello di contaminazione che definiamo di tipo giallo (0,1 Rad/H). (lucido 3) Con un vento costante di 23 Km/h sempre proveniente da est, Trieste risulterebbe contaminata in modo grave fin dalle prime 6-7 ore successive all'incidente presentando livelli di contaminazione di 1 Rad/H. (lucido 4)

Definiremo il suo livello di radiazione come zona o livello di tipo rosso. (lucido 5)

Con vento superiore ai 70 Km/h Trieste risulterebbe investita entro le prime 2 ore, e presenterebbe un livello di radiazione gravissimo che definiamo di tipo grigio: 10 Rad/H.

A Chernobyl, invece, dove ci fu una fuoriuscita di circa 50 milioni di Curie, cioe' 20 volte inferiore a quella che noi qui stiamo ora stimando per il reattore di Krsko, secondo i nomogrammi della NATO, con un vento compreso tra i 20 e i 30 Km/h la zona gialla o di Fall-out leggero avrebbe raggiunto un raggio di 30 Km di contaminazione dalla centrale, mentre la zona maggiormente contaminata (zona nera) di 3 Km.

Cosa in effetti realmente accaduta.

Percio' fin qui possiamo affermare che in caso di incidente massimo a Krsko, avendo un vento grecale, di levante o di bora diretto proprio su Trieste, il livello di Fall-out verrebbe a

dipendere unicamente dalla velocità del vento che determinerebbe sulla nostra Città 3 possibili livelli di contaminazione: Fall-out giallo se vento di 8 Km/h Fall-out rosso se vento di 23 Km/h; Fall-out grigio se vento di 70 Km/h.

Naturalmente con velocità di vento intermedie a quelle che abbiamo preso in considerazione, anche i livelli di radiazione risulterebbero intermedi a quelli indicati con i colori giallo, rosso, grigio e nero.

Ma, a questo punto, è necessario capire bene che cosa vuol dire, sul piano medico, trovarsi a vivere in una zona nera, grigia, rossa o gialla.

Le radiazioni vanno distinte in 2 gruppi separati: quelle da plutonio, iodio e stronzio definite come radiazioni "alfa" e "beta" e poi quelle da cesio 137 definite invece come radiazioni "gamma".

Oltre al cesio 137, moltissimi altri isotopi emettono radiazioni gamma.

Dopo 40 giorni dal disastro, però, la radiazione gamma è quasi tutta proveniente dal cesio.

Perciò indicheremo con cesio 137 anche tutti gli altri isotopi emettitori di raggi gamma.

Per semplicità di esposizione.

Plutonio, iodio e stronzio sono pericolosi soltanto se inalati attraverso le vie respiratorie o assorbiti da cibi e dall'acqua ingerita.

Il rischio è che si possano concentrare rispettivamente nei polmoni, nella tiroide e nelle ossa in quantità sufficiente a scatenare un cancro negli anni successivi.

I più vulnerabili risultano essere i bambini.

Respirare con il naso, e non con la bocca, tenendo una mascherina

sanitaria o un fazzoletto bagnato sul volto per filtrare il piu' possibile la polvere carica di oltre 200 tipi diversi d'isotopi radioattivi e' senz'altro la prima norma sanitaria da prendere, tenendo conto che l'ossido di plutonio, ~~avendo un diametro di 2-10 micrometri~~ viene facilmente fermato dalle narici, dalle cavita' nasali, dalla faringe, ed espulso poi successivamente con la tosse e l'escreato grazie all'ausilio di microscopiche ciglia che tappezzano le cavita' nasali, la faringe, la trachea e i bronchi, pulendoli di ogni residuo di materiale estraneo.

Gravi stati infiammatori nel caso di bronchitici o di fumatori cronici ostacolano invece la normale pulizia dei bronchi determinando cosi' la penetrazione del plutonio nelle basse vie respiratorie, dove si fissa.

I raggi alfa hanno un raggio d'azione di pochi centimetri.

Diversa la situazione dello iodio che dai polmoni passa direttamente nel sangue e di qui alla tiroide dove viene captato.

Si possono somministrare medicinali a base di iodio, in piccola quantita' pero', prima della esposizione al Fall-out.

In questo modo la tiroide gia' carica dello iodio medicinale tendera' a non assorbire lo iodio del Fall-out.

Lo stronzio 90 entra invece nella catena alimentare dell'uomo in quantita' molto piu' elevate del cesio 137.

Cosi' mentre quest'ultimo non lo trovate affatto nei cereali e nella frutta, lo stronzio lo riscontrate soprattutto nei cereali e nella stragrande maggioranza degli alimenti che e' possibile coltivare tranne che nei tuberi di patate.

Nelle zone nere, tutto, ad esclusione delle patate risulterebbe percio' incoltivabile.

Al di la' degli effetti del plutonio, dello iodio e dello stronzio emettitori di radiazioni alfa e beta, il vero problema

e' la radiazione di tipo gamma del cesio 137, il quale non ha bisogno di essere introdotto nei polmoni, nello stomaco, nelle ossa o nella tiroide per uccidere di cancro: esso infatti puo' colpire le cellule di una persona, con i suoi raggi gamma, anche da una distanza di 40 metri, mentre la radiazione alfa del plutonio e quella beta dello iodio e dello stronzio vengono fermate dall'aria, dai vestiti, dalla pelle.

La radiazione gamma, invece, no.

Inoltre i raggi gamma non solo possono provocare il cancro al pari del plutonio, dello iodio e dello stronzio ma anche mutazioni genetiche sulla discendenza, e se presi in forti quantita' possono anche uccidere per "morte da midollo osseo" entro poche settimane, come nel caso dei pompieri di Chérnobl.

Il cesio 137, che emette appunto questa radiazione, tende a depositarsi sulle strade, sui vestiti, sulle automobili, attaccandosi alla polvere sospesa nell'aria: irradia per anni tutto cio' che lo circonda entro un raggio di 40 metri, attraversando i vetri delle automobili, gli scafi in vetroresina delle barche, i vagoni ferroviari, le finestre e i muri delle case.

Quindi, supponendo un disastro a Krsko, dobbiamo immaginare un immenso polverone, appena visibile, che nel giro di ore arriverebbe su Trieste, depositandosi al suolo, sulle case, sulle persone e irradiando tutto per 30 anni.

Nel lucido 6 ho voluto sintetizzare il modo in cui ci si dovrebbe muovere in zona contaminata da Fall-out nel periodo pericoloso, cioe' nei primi sei mesi.

In pratica si tratterebbe di tenere il corpo isolato dalla polvere radioattiva, cioe' dalla cenere nucleare, per evitare che gli isotopi radioattivi si fissino ai capelli, ai vestiti, alla

pelle.

In questo modo si eviterebbero le ustioni da raggi alfa e beta sulla pelle, ma soprattutto non si porterebbe con se il cesio 137 emettitore di raggi gamma, che i normali vestiti di cotone, di panno o altro trattengono anche dopo energiche spazzolate.

Per non parlare dei capelli o delle mani con cui poi tocchiamo i cibi contaminandoli di cesio ma anche di plutonio, stronzio, iodio e altro.

I vestiti contaminati con cesio oltre che pericolosi per chi li indossa sono pericolosi anche per gli altri entro un raggio di 40 metri, senza considerare che il sudore e la pelle fanno presto ad impregnarsi del cesio, per cui una persona, una volta portata fuori da una zona contaminata da Fall-out, con treni e autobus, continuerebbe essa stessa ad irradiare gli altri a meno che di spogliarla, metterla sotto la doccia per parecchi minuti, e di tagliarle tutti i capelli a zero per poi rivestirla con nuovi vestiti.

Per evitare tutto questo si potrebbero tenere i capelli strettamente coperti da una cuffia di gomma, di portare sopra a dei vestiti leggeri, una giacca di nylon come ad esempio un KAPPA WAY o un impermeabile ben chiuso.

Poi calzoni di nylon con stivali di gomma badando bene di coprire le mani con dei guanti anch'essi di gomma.

Bisognerebbe anche portare al volto un fazzoletto possibilmente bagnato oppure una mascherina sanitaria o un nastro adesivo per riparare le facili abrasioni e strappi nel tessuto di nylon, ma soprattutto una spazzola, per pulirsi dalla polvere prima di salire sopra un vagone ferroviario o su di un pullman, in modo da non portare con se' plutonio, stronzio ma soprattutto cesio.

Tutto questo pero' non evita la radiazione gamma proveniente dal

cesio disperso nell'aria e nel terreno che ha un raggio d'azione di 40 metri circa.

E' questa la dose di raggi gamma che colpirebbe le persone anche se protette da questa specie di tuta anti Fall-out disegnata in figura.

Solo un metro di cemento armato, o la corazza di un mezzo blindato dell'esercito o lo scafo di una nave, o 5 metri di terra, possono fermarla.

La dose di radiazione gamma che a questo punto colpirebbe la persona viene espressa in Rem, una unita' di misura che in pratica puo' essere considerata uguale al Rad.

Quindi $1 \text{ Rad} = 1 \text{ Rem}$.

Radiazioni gamma di 500 Rem presi in pochi giorni determineranno nella meta' della popolazione la morte da midollo osseo, dovuta cioe' alla distruzione dei globuli bianchi e delle piastrine: i sintomi saranno nausea, vomito, caduta dei capelli, emorragie spontanee spesso irrefrenabili e soprattutto infezione generalizzate dovute all'invasione dei germi presenti nell'ambiente e normalmente tenuti sotto controllo dai nostri globuli bianchi.

A 200 Rem, non morirebbe la meta', ma 1/10 degli esposti: neonati, persone malate e anziani.

Per quanto riguarda il cancro e le mutazioni genetiche sulla discendenza non esisterebbe invece nessun livello di sicurezza.

(lucido 7)

Oggi, a 0,1 Rem assorbiti nel corso di un anno, si stima che morirebbero di cancro da radiazioni da 1 a 20 persone su 100.000 in un arco di tempo di 50 anni, cioe' 1 su 5.000.

Dal lucido 7 si puo' subito notare che i cancri comincerebbero ad insorgere molti anni dopo l'incidente, toccando il massimo 40

anni dopo l'esposizione.

Le leucemie, invece, insorgerebbero già' dopo 2 anni toccando il massimo dopo 6 anni per poi calare.

Sono dati, questi, ancora contraddittori.

Se fossero veri si potrebbe riassumere il tutto in questo modo: a 500 Rem metà' dei soggetti morirebbero di infezioni entro 1 mese.

L'altra metà' dovrebbe sicuramente ammalarsi di cancro da radiazioni, entro 50 anni dall'evento.

A 300 Rem potrebbero morire di cancro da radiazioni circa 3/5 dei soggetti esposti.

A 100 Rem solo 1/5.

Ancora più' dubbie le diverse stime riguardo alle mutazioni genetiche sulla discendenza.

Secondo le Nazioni Unite oggi 1 concepimento su 10 terminerebbe con un aborto spontaneo o, molto più' raramente, con un bambino malformato a causa di mutazioni genetiche subite agli organi riproduttori del padre e della madre durante la loro infanzia e la loro adolescenza, prima di sposarsi.

Importante sottolineare che molti aborti spontanei non vengono notati perché' si producono nelle prime settimane di gravidanza e la morte dell'embrione dovuta a gravissimi difetti e malformazioni congenite è' scambiata in genere per un banale salto del normale ciclo mestruale.

Si ritiene che ad ogni 30 Rem assorbiti in breve tempo si determini un raddoppiamento del numero degli aborti e malformati. Si è' poi osservato che vi è', da parte delle cellule viventi, una capacità' di recupero dei danni da radiazione fino a 100 Rem. Cioè' si è' notato come molte cellule possano resistere fino a 100 Rem prima di perdere il controllo sui danni che le radiazioni producono su di esse. (lucido 8)

Se questo fosse vero anche per l'uomo, allora si potrebbe dire quanto segue: fino a 10 Rem il numero dei concepimenti aberrati non salirebbe oltre il 12% circa contro il 10% attuale.

Dai 30 ai 100 Rem non oltre il 20 %, ma già a 130 Rem (limite invalicabile) verrebbe colpito il 36%.

A 160 Rem si salirebbe subito al 75%.

A 170 Rem, cioè sommando solo 10 Rem in più, si toccherebbe il 100% dei concepimenti.

Cioè risulterebbe impossibile oltre tale livello di radiazione la nascita di bambini sani da genitori entrambi esposti a 170 Rem.

Tranne ovviamente qualche eccezione.

Purtroppo non si può capire se questi dati, estrapolati da esperimenti su piante e su animali da laboratorio, possano essere ritenuti validi in differenti situazioni e soprattutto se riferiti a popolazioni umane.

Perciò vanno considerati soltanto come ipotesi.

Comunque, da quanto noto ufficialmente, potremmo porre la dose massima ammissibile per i bambini e i giovani in età da avere figli, non superiore agli 8-10 Rem.

Forse meno.

Questo sia riguardo alle mutazioni genetiche sulla discendenza, sia riguardo al cancro.

Viceversa, per le persone anziane, potremmo porre un limite massimo di 200-500 Rem, cioè quello da soglia per "morte da midollo osseo": nel loro caso infatti non esiste il problema delle mutazioni genetiche sulla discendenza perché non possono più avere figli, e molto difficilmente vivranno per altri 30 o 40 anni prima di ammalarsi per un cancro dovuto alle radiazioni.

Per una persona anziana 300 Rem potrebbero significare circa 1

probabilità su 5 di ammalare di cancro o di leucemia da radiazioni entro 20 anni.

Viceversa un bambino esposto agli stessi 300 Rem; avrebbe scarsissime probabilità di avere una discendenza futura dei figli, e invece altissime probabilità di morire di cancro da raggi entro 30 o 40 anni. (lucido 9)

Questa è la stima approssimata delle radiazioni che un miliardo di Curie, liberati a 138 Km di distanza da Trieste, verrebbero ad essere registrate nella nostra città a seconda delle diverse velocità dei venti.

Con un vento di 70 Km/h il Fall-out arriverebbe su Trieste entro 2 ore, con una intensità compresa fra: 15 e 5 RAD/H; per un totale di 1.000 Rem/a testa nei primi 4 giorni.

Con un vento di 23 Km/h, il Fall-out arriverebbe su Trieste entro 5-6 ore al massimo con una intensità di 2 RAD/H. (200 Rem/4 giorni)

Con un vento di 8 Km/h si avrebbe il tempo, credo, di evacuare buona parte della popolazione giovane, e nei 4 giorni successivi si potrebbe evacuare anche la popolazione restante e quella anziana, senza gravi conseguenze, tenuto conto dei 20 Rem di accumulo stimabili.

Ma già con un vento di 23 Km/h o di 70 Km/h non avremmo assolutamente il tempo sufficiente di evacuare tutta la popolazione giovane di Trieste, e in più ci troveremmo in pieno Fall-out rosso o grigio, con la gente per strada in preda al panico.

Non mi soffermerò sulle radiazioni gamma emesse dal Fall-out dal quarto giorno in poi.

Concentreremo tutta la nostra attenzione sui 1.000 Rem/a testa stimati dal Fall-out grigio e sui 200 Rem/a testa stimati dal Fall-out rosso dei primi 4 giorni.

Stando in casa, chiudendo ermeticamente porte e finestre, la radiazione gamma viene ridotta di circa 3 volte.

Quindi, in caso di Fall-out rosso, si avrebbero 200 Rem/a testa nelle strade, e invece solo 70 Rem/a testa nelle case, sempre nei primi 4 giorni.

Tutto questo partendo però dal difficile presupposto che la gente se ne stia in casa aspettando che il proprio quartiere o rione riceva a mezzo di TV e radio il via libera delle autorità civili o militari a prendere la propria auto con l'indicazione di quali strade seguire per uscire da Trieste in breve tempo oppure per recarsi alla Stazione Centrale in coincidenza delle partenze di un nuovo convoglio ferroviario.

La situazione peggiore sarebbe infatti quella di trovarsi imbottigliati nella propria auto assieme a decine di migliaia di altre autovetture stracariche di intere famiglie, il tutto sotto la continua, invisibile caduta del Fall-out, che proprio in quelle primissime ore risulterebbe particolarmente intenso.

Di qui l'ipotesi di tenere la gente in casa anziché nelle automobili, queste ultime del tutto trasparenti ai raggi gamma. L'idea presupporrebbe che le Autorità conoscano all'incirca il numero delle famiglie per quartiere, e possano così riuscire a scaglionare l'evacuazione tra incidenti, feriti, morti, panico, strade interrotte, vandalismi e incendi.

Con 200 Rem assorbiti in 4 giorni, morirebbe circa 1/10 della nostra popolazione entro pochi mesi, cioè quasi 26.000 persone.

Riguardo alle mutazioni genetiche sulla discendenza, tutti avrebbero in futuro bambini malformati e aborti spontanei.

Di cancro da raggi potrebbero morire forse fino a 2/5 del totale degli evacuati, contro l'attuale 1/5.000.

E tutto questo se il vento fosse solo di 23 Km/h.

Se fosse invece di 70 Km/h, toccheremmo facilmente nei primi 4 giorni i 1.000 Rem/a testa nelle strade e i 300 Rem/a testa nelle case.

Ricordando che a 500 Rem la metà della popolazione muore entro un mese, e che a 700 Rem si raggiunge quasi il 100% dei morti entro un mese, ognuno può, a questo punto, trarre le proprie considerazioni riguardo ad un Fall-out di tipo grigio dovuto alla fuoriuscita di 1 miliardo di Curie da una certa località posta a 138 Km ad est di Trieste.

Probabilmente, se il reattore di Krsko è sicuro, cioè se non è mai andato incontro a nessun serio incidente, allora ritengo del tutto improbabile un evento quale noi abbiamo ora prefigurato.

Ma poiché, quando si costruisce un reattore atomico, accanto ai sistemi di protezione passiva come, ad esempio, il doppio tetto, è necessario anche predisporre un sistema di protezione attivo, vale a dire l'evacuazione della popolazione, pur ignorando se esista un piano di sgombero per Lubiana, so per certo che Trieste, pur entrando nel raggio di contaminazione di un eventuale Fall-out da Krsko o Prevlaka, non ha finora disposto nulla per proteggere la nostra popolazione.

Sono d'accordo che Trieste è inevacuabile, che non si avrebbe nemmeno il tempo di mettere i bambini sui treni e sui pullman, ma concludere, a questo punto che non si può fare assolutamente nulla, tranne incrociare le dita, lo ritengo, personalmente, sbagliato.

Mezzo metro di cemento armato, o 1 metro di terra, riducono di 1.000 volte la radiazione gamma.

Cio' significa che un individuo posto dietro tale riparo, per esempio stando in una cantina, anziché essere esposto ai 1.000 Rad dei primi 4 giorni, o ai 2.000 Rad dei successivi 36 giorni,